

PUBLICATION NUMBER : 58085402  
PUBLICATION DATE : 21-05-83

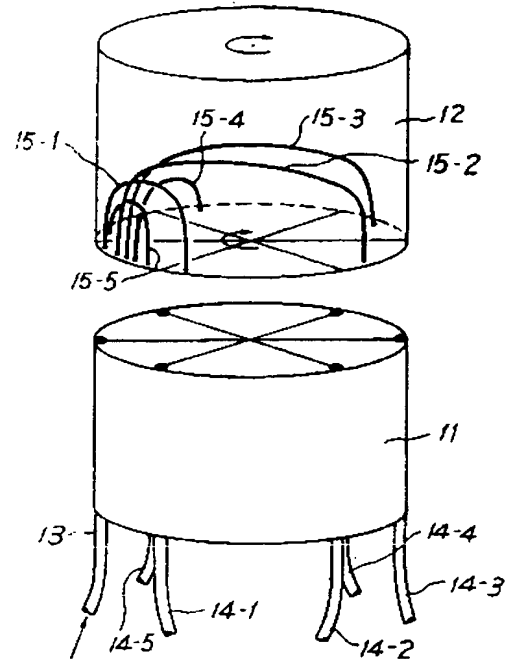
APPLICATION DATE : 17-11-81  
APPLICATION NUMBER : 56183020

APPLICANT : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>;

INVENTOR : TAKADA HISAO;

INT.CL. : G02B 5/14 // G02B 5/00

TITLE : FIBER WIRED TYPE ROTARY  
OPTICAL SWITCH



ABSTRACT : PURPOSE: To obtain a fiber wired type rotary optical switch where a movable part is small as much as possible and the crosstalk and the insertion loss are small, by using a disc.

CONSTITUTION: One optical fiber incoming line 13 and (n-1)-number of fiber outgoing lines 14-i (n is divisor of 360) are arranged in the circumferential part of a fixed cylinder 11 in parallel with the revolving shaft at intervals of  $Q_0 = 360/n$ . Respective fiber end faces of the incoming line 13 and outgoing lines 14-i are exposed on the same plane as the upper end face of the cylinder 11. (n-1)- number of wiring optical fibers 15-i whose number is equal to that of outgoing lines 14-i are arranged in a rotary cylinder 12 so that respective both end faces of fibers 15-i are exposed on the same circle in a plane facing the incoming line 13 and outgoing lines 14-i on the upper end face of the fixed cylinder, and respective optical fibers are wired in the rotary cylinder 12 so that angles made by both ends of the first~the (n-1)th fibers and the axis of the cylinder 12 are  $\theta_0, 2\theta_0, 3\theta_0, \dots, (n-1)\theta_0$  respectively.

COPYRIGHT: (C)1983,JPO&Japio

2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

5

⑨ 日本国特許庁 (JP) ⑩ 特許出願公開  
 ⑫ 公開特許公報 (A) 昭58—85402

⑪ Int. Cl.<sup>3</sup> 識別記号 庁内整理番号 ⑬ 公開 昭和58年(1983)5月21日  
 G 02 B 5/14 7529—2H  
 // G 02 B 5/00 7036—2H 発明の数 1  
 審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ ファイバ配線形ロータリ光スイッチ

⑮ 特 願 昭56—183020  
 ⑯ 出 願 昭56(1981)11月17日  
 ⑰ 発 明 者 岡本勝就  
 茨城県那珂郡東海村大字白方字  
 白根162番地日本電信電話公社

茨城電気通信研究所内  
 ⑱ 発 明 者 高田久夫  
 茨城県那珂郡東海村大字白方字  
 白根162番地日本電信電話公社  
 茨城電気通信研究所内  
 ⑲ 出 願 人 日本電信電話公社  
 ⑳ 代 理 人 弁理士 谷義一

明 細 書

1. 発明の名称

ファイバ配線形ロータリ光スイッチ

2. 特許請求の範囲

1) 複数本の光ファイバ入り線と複数本の光ファイバ出線との間で所望の回線を接続するための光スイッチにおいて、 $n$  個の固定円筒と、該固定円筒と空隙を介して対向して配置され、該固定円筒の中心軸と同一の回転軸のまわりに回転し得る  $n$  個の回転円筒とを有し、前記固定円筒には、 $(n-1)$  本の光ファイバ出線 ( $n$  は 360 の約数) および  $n$  本の光ファイバ入り線を、これら各出線および入り線の両端面が  $\theta_0 = 360/n$  度の間隔をもつて同一円周上で前記固定円筒の前記回転円筒と対向する表面に露出するように配置し、前記回転円筒には、前記光ファイバ出線の本数  $(n-1)$  と等しい本数の第  $n$  ないし第  $(n-1)$  配線用光ファイバをその各々の両端面が前記回転円筒の前記光ファイバ入り線および出線と対向す

( 1 )

る表面に露出するように同一円周上に配置し、前記配線用光ファイバを、前記回転円筒内において、前記配線用光ファイバの両端面と前記回転軸とのなす角が、前記第  $n$  配線用光ファイバ、前記第  $n+1$  配線用光ファイバ、……、前記第  $(n-1)$  配線用光ファイバに対して、それぞれ  $\theta_0, 2\theta_0, \dots, (n-1)\theta_0$  度となるように配置し、前記光ファイバ入り線からの光を前記光ファイバ入り線と合致するように選択された配線用光ファイバを介して、前記光ファイバ出線に導くようにしたことを特徴とするファイバ配線形ロータリ光スイッチ。

2) 特許請求の範囲第 1 項記載の光スイッチにおいて、前記第  $n$  ないし第  $(n-1)$  配線用光ファイバの前記光ファイバ入り線の端面と対向する側の各端面を、 $\theta_0/(n+1)$  の角度で配置し、前記回転円筒の回転の  $n$  ビンタを  $\theta_0/(n+1)$  に定めたことを特徴とするファイバ配線形ロータリ光スイッチ。

( 2 )

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は、挿入損失が小さく、かつクロストークの小さい光スイッチ、特に複数本の光ファイバ入り線と複数本の光ファイバ出線との間で所望の回線を接続するためのファイバ配線形回転アクセス光スイッチに関するものである。

従来の光スイッチとしては種々の形態のものがあるが、その一例としては  $\text{LiNbO}_3$  基板に Ti を拡散して形成した導波路を用いた方向性結合器形光スイッチが特基、皆方によつて「方向性結合器形スイッチを用いた双安定光スイッチの検討」(光電エレクトロニクス, Vol. OQB 79-146, pp. 7-12, 1979)において提案されている。この種の光スイッチでは、隣接して配置された2つの導波路上に  $\text{A}l_2\text{O}_3$  によるパッシブ層を介して配置した  $\text{Al}$  電極に電圧を印加し、それにより電気光学効果によつて2つの導波路の結合定数が変化することを利用して一方の導波路から入射した光をその同一導波路あるいは他方の導波路にスイッチして取り出す。このような方向性結合器形のクロストークは -26 dB,

(3)

$\beta$  は  $\beta'$  より大きくなる。このとき上式の条件は成立しなくなり、光は低屈折率領域を透過する。薄膜全反射形光スイッチでは、このような原理に基づいて、可動誘電体を薄膜に接したり、離したりすることによつて光の進路を切り換える。かかる全反射形光スイッチのクロストークは -28 dB、挿入損失は 3 dB である。

光スイッチのクロストークとしては -60 dB 以下が要求されるが、上述した方向性結合器形や全反射形の光スイッチは光導波路の不完全性による散乱により、-60 dB 以下のクロストークを得ることは困難である。

従来の光スイッチの第3の例としては、液晶を用いた光スイッチが、R. A. Soref により、"Low-cross-talk  $2 \times 2$  optical switch" (Opt., Lett., Vol. 6, No. 6, pp. 275-277, 1981)において提案されている。液晶は電圧を印加することによつて分子の配向状態を変えることができ、それによつて光の偏光方向を変えることができる。この光スイッチでは、液晶と偏光方向によつて反射ある

(5)

特開昭58-85402(2)

挿入損失は 4.6 dB である。

従来の光スイッチの第2の例としては、薄膜光導波路内の高屈折率領域と低屈折率領域の境界での光の全反射を利用した薄膜全反射形光スイッチが、H. Terui, M. Kobayashi および T. Kasai により "Total refraction optical waveguide switch" (Electron. Lett., Vol. 17, No. 2, pp. 77-79, 1981)で提案されている。この光スイッチでは、低屈折率領域としての薄膜の屈折率  $n_2'$  を他の高屈折率領域の屈折率  $n_2$  より小さくし、この薄膜の上方に配置した可動誘電体が低屈折率領域から離間しているときには、角度  $\theta$  で低屈折率領域に入射した光は

$$\frac{\pi}{2} - \theta \geq \sin^{-1} \left( \frac{\beta'}{\beta} \right)$$

の条件が満足されるときには全反射される。ただし、 $\beta$  および  $\beta'$  はそれぞれ高屈折率領域の伝搬定数および可動誘電体が無いときの低屈折率領域の伝搬定数である。これに対して、可動誘電体が低屈折率領域に接すると低屈折率領域の伝搬定数

(4)

いは透過特性が異なる組み合わせプリズムとを用いて光のスイッチを行う。この光スイッチでは、クロストークは -27 dB、挿入損失は 2.5 dB である。液晶を用いた光スイッチにおいては、液晶分子による散乱のためにクロストークを -60 dB 以下に低減することは困難である。

更に、所定角度(例えば  $90^\circ$ )をなして配置された光ファイバ入り線と光ファイバ出線との間に双方が交差する位置に反射プリズムを配置し、この反射プリズムを光路に対して出し入れすることによつてスイッチ作用を行う光スイッチが、H. Yamamoto, M. Yokoyama, H. Ogiwara および M. Yoshida により、"Large-scale and low-loss optical switch matrix for optical switching systems" (Jour. of Opt. Commun., Vol. 1, No. 2, pp. 74-79, 1980)において提案されている。このようなマトリクス光スイッチでは不要光の散乱が非常に小さいので、クロストークは -60 dB 以下であり、クロストークの点では要求条件を満たしている。また、挿入損失も 0.95 dB と小さい。しかし、

(6)

10×10のスイッチ・マトリクスを構成するためには100個の反射プリズムおよびこれらプリズムを駆動するための回路を各プリズムに対して設ける必要があるため、装置が高価で大規模のものとなり、また消費電力も大きいという欠点を有している。

他方、光ファイバを光スイッチの配線に用いて回転アクセスによりスイッチングを行う形態の光スイッチが英国特許第1236561号あるいは特公昭56-25643号に開示されている。英国特許第1236561号は1×n光スイッチに関するもので、ここでは、第1図に示すように、2つの固定治具1と2との間に回転治具3を介挿し、固定治具1にはその中心部に1本の光ファイバ入り線4を取付け、固定治具2にはその所定半径の円周上に複数本(n本)の光ファイバ出線5を取付け、更に回転治具3には、回転治具1側においては中心部で光ファイバ入り線4と対向し、回転治具2側においては周辺部で光ファイバ出線5と対向するように曲げて配線ファイバ6を配線する。ここで、

(7)

に配設する。この光スイッチは閉路形スイッチ、すなわち、使用されていないある入力端子と使用されていないある出力端子とを接続しようとするとき、すでに接続されている入出力端子に影響を及ぼすようなスイッチであり、ある一对の回線を接続したときには、他の回線を任意に接続することはできないという欠点がある。また、この光スイッチの場合にも、配線ファイバの構成を最適化していないためにアクセス時間が長くなるという欠点がある。

そこで、本発明の目的は、従来にかかる欠点を除去するため、円板を用いることによつて可動部分を可及的小さくし、それとともに低クロストーク、低挿入損失を満足するファイバ配線形ロータリ光スイッチを提供することにある。

本発明の他の目的は、アクセス時間の短縮を図つたファイバ配線形ロータリ光スイッチを提供することにある。

以下に図面を参照して本発明を詳細に説明する。

第3図は本発明による1×5光スイッチの一例

(9)

回転治具3を回転することによつて、入り線4からの光を配線ファイバ6を介して出線5のいずれか1本に導びく。しかし、この光スイッチ構成では、ある1本の光ファイバ出線をアクセスするためには最大 $360^\circ \times (1 - 1/n)$ 度だけ回転治具3を回転させなければならないので、アクセス時間が長くなるという欠点がある。また、1×n光スイッチであるから、これを用いてn×nの光スイッチを構成するには多段で使用しなければならず、全体の接続損失は無視できないものとなる。

また、特公昭56-25643号の光スイッチは1段でn×nのスイッチを構成し、第2図に示すように、第1図の場合と同様の配線の3つの治具1、2および3を有し、固定治具1および2には複数本(例えば2本)の光ファイバ入り線7および光ファイバ出線8を所定半径の円周上にそれぞれ配置し、回転治具3には複数本(例えば8本)の光ファイバ配線9を、その両端面が光ファイバ入り線7および光ファイバ出線8の端面とそれぞれ対向できるように所定半径の円周上に位置するよう

(8)

を示す。第3図において、11は固定円筒、12は固定円筒11と同一の回転軸をもち、固定円筒11と空隙を介して対向する回転円筒である。固定円筒11には、1本の光ファイバ入り線13と、nを360の約数として、(n-1)本の光ファイバ出線14-i (i=1, 2, ..., (n-1))とを、円筒11の円周部分の内部に、回転軸と平行にして、かつ $\theta_0 = 360/n$ の間隔をもつて配置する。これら入り線13および出線14-iの各ファイバ端面は、固定円筒11の上端面と同一面上に露出させて位置させる。第3図の例ではn=6とし、第4図に示すように光ファイバ出線14-1~14-5を入り線13に対して60°おきの角位置で同一円周面上に配設する。

回転円筒12内には、光ファイバ出線14-1の本数と等しい(n-1)本の配線用光ファイバ15-i (i=1, 2, ..., (n-1))を、その各々の両端面が固定円筒の上端面上の入り線13および出線14-iと対向する面に露出するように同一円周上に配置し、しかも回転円筒12内において、各光ファイバの配線は、その両端と中心軸とのなす角が、

(10)

第1から第 $(n-1)$ 番目の配線ファイバ $15-1 \sim 15-(n-1)$ に対して各々 $\theta_0, 2\theta_0, 3\theta_0, \dots, (n-1)\theta_0$ 度となるように配位する。第3図の例では、配線ファイバ $15-1$ により入り線13と出線14-1とを結ぶようにし、同様に配線ファイバ $15-2, 15-3, 15-4$ および $15-5$ により入り線13と出線14-2, 14-3, 14-4および14-5とをそれぞれ結ぶようにする。

これらファイバ $15-1 \sim 15-5$ の各端面の位置関係を第5図に示す。ここで、 $a$ および $a'$ は配線ファイバ $15-1$ の両端面、同じく $b$ および $b'$ ,  $c$ および $c'$ ,  $d$ および $d'$ , および $e$ および $e'$ はそれぞれファイバ $15-2, 15-3, 15-4$ および $15-5$ の両端面である。 $P-P', G-G'$ および $H-H'$ は基準線であり、基準線 $P-P'$ と $G-G'$ とのなす角は $60$ 度、基準線 $G-G'$ と $H-H'$ とのなす角も $60$ 度である。端面 $a$ と $b$ ,  $b$ と $c$ ,  $c$ と $d$ , および $d$ と $e$ のなす角 $\alpha$ はそれぞれ回転の1ピッチを決める角であり、本例の $1 \times 5$ スイッチの場合には、

(11)

レンズを組み合わせて配位することが有効である。

以上の説明より明らかなように、本発明によれば、低クロストーク、低挿入損失で駆動回路も比較的簡単な光スイッチを実現することができる。本発明による光スイッチの構成は $1 \times n$ のスイッチに対して $n$ 個の可動部分を必要とするのみで、反射プリズムを用いる従来の光スイッチのように $1 \times n$ に対して $n$ 個、 $n \times n$ の場合に対して $n^2$ 個の可動部分を必要とするスイッチに比べて非常に有利であり、回線数が増大するのに伴って本発明の優位性は大きくなる。また、低損失の光ファイバを配線に用いているために、スイッチ内での散乱は非常に小さく、他の光導波路や液晶を用いる光スイッチでは実現が難しい低クロストークを比較的容易に実現することができる。更にまた、本発明では、配線ファイバの間隔だけ回転円板を回転する必要はなく、その間隔よりばるかに狭い間隔の回転最小ピッチだけ円板を回転させることで光路の切り換えを行うことができ、アクセス時間も従来の比して短縮される。

(13)

$$\alpha = 60 / (5 + 1) = 10 \text{ 度}$$

とする。光ファイバ $15-1$ の両端面 $a$ および $a'$ は、回転円筒12を第5図示の位置から1ピッチだけ時計方向に回転したときに入り線13からの光を受光し、出線14-1に導くように配位されている。すなわち、基準線 $G-G'$ と端面 $a'$ と回転軸(中心点)とを結ぶ直線のなす角 $\theta_1$ は $\theta_1 = \alpha$ である。同様にして、 $\theta_2 = 2\alpha$ ,  $\theta_3 = 3\alpha$ ,  $\theta_4 = 4\alpha$ ,  $\theta_5 = 5\alpha$ である。したがって、例えば入り線13と出線14-4とを結ぶためには、回転円筒12を第5図示の位置から時計方向に4ピッチ回転すればよい。固定円筒11と回転円筒12との間を、回転に支障を与えないようにするために $1 \sim 10$ 数 $\mu\text{m}$ 程度離間しておく場合には、光の結合効率が低下するおそれがある。これを避けるために、光ファイバの端面にエッチングを利用した微小レンズ(例えば、L. O. Svaasand, S. Hopland and A. P. Grande, "Splicing of optical fibers with a selective etching technique," 4th ECOC '78, pp. 304-308 参照), あるいはその他慣例の技術を用いた微小

(12)

#### 4 図面の簡単な説明

第1図および第2図は従来のファイバ配線形ロータリ光スイッチの2例のそれぞれ原理図、第3図は本発明の実施例としての $1 \times 5$ 光スイッチを示す構成図、第4図はその固定円筒の上端面を示す線図、第5図は同じく回転円筒下端面を示す線図である。

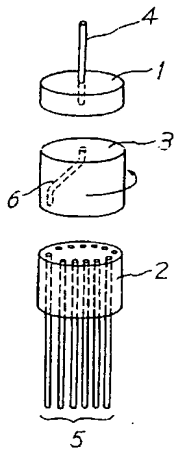
11 … 固定円筒、  
12 … 回転円筒、  
13 … 光ファイバ入り線、  
14-1 ~ 14-5 … 光ファイバ出線、  
15-1 ~ 15-5 … 配線ファイバ、  
 $a, a'$  … 配線ファイバ $15-1$ の両端面、  
 $b, b'$  … 配線ファイバ $15-2$ の両端面、  
 $c, c'$  … 配線ファイバ $15-3$ の両端面、  
 $d, d'$  … 配線ファイバ $15-4$ の両端面、  
 $e, e'$  … 配線ファイバ $15-5$ の両端面、  
 $P-P', G-G', H-H'$  … 基準線。

特許出願人 日本電信電話公社

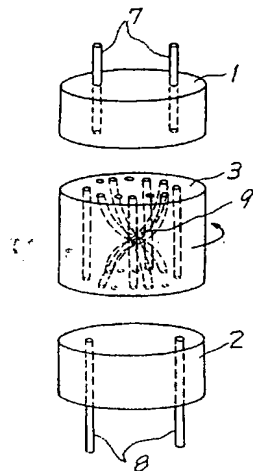
代理人弁理士 谷 雄 一



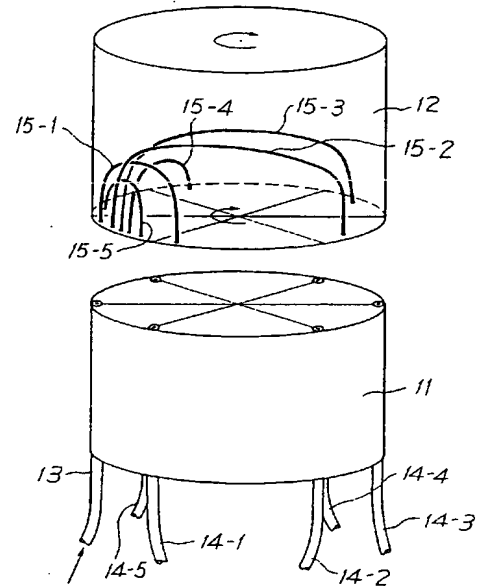
第1圖



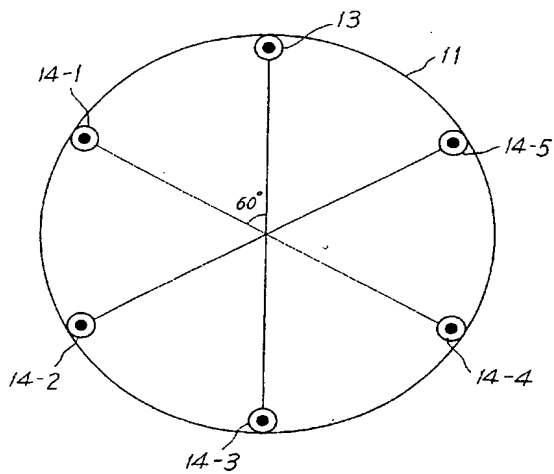
第2圖



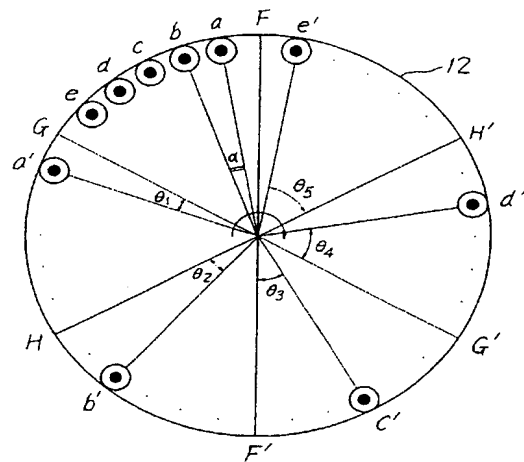
第3圖



第4圖



第5圖



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**